

明 細 書

発明の名称：超音波検査装置及び超音波検査方法

技術分野

[0001] 本形態は、超音波検査装置及び超音波検査方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の超音波検査装置として、例えば特許文献1に記載の超音波加熱を用いた半導体集積回路配線系の検査装置がある。この従来の超音波検査装置では、被検査体である半導体集積回路に対し、定電圧源から電力を供給しながら超音波を照射する。そして、超音波の照射に応じてグランド配線に流れる電流の変化を検出することにより、半導体集積回路の電流像或いは欠陥像を生成するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平8-320359号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述した従来の超音波検査装置では、パッケージから取り出した半導体チップが検査対象となっている。しかしながら、半導体チップをパッケージから取り出す作業が必要なことや、半導体チップの取り出しの際に回路の特性が変化してしまう可能性などを考慮すると、パッケージ化された状態のまま半導体デバイスを検査することが好適である。一方、パッケージ化された半導体デバイスを検査する場合、観察点である半導体チップを外部から視認できないため、半導体チップに超音波の焦点を合わせ易くするための工夫が必要となる。

[0005] 本形態は、上記課題の解決のためになされたものであり、パッケージ化された半導体デバイス内の所望の位置に超音波の焦点を容易に合わせることができる超音波検査装置及び超音波検査方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本形態の一側面に係る超音波検査装置は、パッケージ化された半導体デバイスを検査対象とする超音波検査装置であって、半導体デバイスに対して超音波を出力する超音波振動子と、半導体デバイスで反射した超音波の反射波を検出する反射検出部と、半導体デバイスと超音波振動子との相対位置を移動させるステージと、ステージの駆動を制御するステージ制御部と、超音波振動子による超音波の入力に応じた半導体デバイスの反応を解析する解析部と、を備え、ステージ制御部は、反射検出部で検出された反射波の時間波形に出現するピークに基づいて、半導体デバイスと超音波振動子との距離を制御する。
- [0007] この超音波検査装置では、反射検出部で検出された反射波の時間波形に出現するピークに基づいて、半導体デバイスと超音波振動子との距離を制御する。反射波の時間波形のピークは、半導体デバイス内のチップ表面での超音波の反射に対応して出現する。したがって、当該ピークに基づいて半導体デバイスと超音波振動子との距離を制御することにより、パッケージ内のチップの位置に超音波の焦点を容易に合わせることができる。
- [0008] また、ステージ制御部は、時間波形のピークが最大となるように半導体デバイスと超音波振動子との距離を制御してもよい。これにより、パッケージ内のチップの位置に超音波の焦点を精度良く合わせることができる。
- [0009] また、ステージ制御部は、時間波形に出現する2番目以降のいずれかのピークに基づいて、半導体デバイスと超音波振動子との距離を制御してもよい。時間波形に出現する1番目のピークは、半導体デバイスのパッケージ表面からの反射波によるものと考えられる。したがって、時間波形に出現する2番目以降のピークに着目することで、パッケージ内にチップが単層或いは複数層配置されている場合に、パッケージ内のチップの位置に超音波の焦点を容易に合わせることができる。
- [0010] また、ステージ制御部は、半導体デバイスにおけるパッケージの情報に基づいて時間波形に対する検出窓を設定し、ピークの検出を行ってもよい。こ

の場合、時間波形のピークを短時間で精度良く検出することが可能となる。

- [0011] また、超音波検査装置は、半導体デバイスに定電圧又は定電流を印加する電源装置と、定電圧又は定電流の印加状態において、超音波の入力に応じた半導体デバイスの電流又は電圧を検出する反応検出部と、を更に備え、解析部は、反応検出部からの検出信号に基づいて解析画像を生成してもよい。この場合、超音波の入力に起因する半導体デバイスの抵抗変化を計測することで、パッケージ化された半導体デバイスの検査を精度良く実施できる。
- [0012] 超音波検査装置は、超音波振動子に対して駆動信号を入力すると共に、駆動信号に応じた参照信号を出力する信号発生部を更に備え、解析部は、検出信号と参照信号とに基づいて解析画像を生成してもよい。これにより、パッケージ化された半導体デバイスの検査精度を一層高めることができる。
- [0013] また、解析部は、反射検出部からの検出信号に基づいて反射画像を生成してもよい。この場合、反射画像に基づいて半導体デバイス内部のチップ形状を取得できる。
- [0014] また、解析部は、解析画像と反射画像とを重畳した重畳画像を生成してもよい。この場合、解析画像による解析結果と半導体デバイス内部のチップ形状とが重畳されるので、故障位置などの特定が容易なものとなる。
- [0015] 本形態の一側面に係る超音波検査方法は、パッケージ化された半導体デバイスを検査対象とする超音波検査方法であって、半導体デバイスに対し、超音波振動子から出力される超音波の焦点位置を調整する調整ステップと、超音波の入力に応じた半導体デバイスの反応を解析する解析ステップと、を含み、調整ステップにおいて、半導体デバイスで反射した超音波の反射波を検出し、反射波の時間波形に出現するピークに基づいて、半導体デバイスと超音波振動子との距離を調整する。
- [0016] この超音波検査方法では、反射検出部で検出された反射波の時間波形に出現するピークに基づいて、半導体デバイスと超音波振動子との距離を調整する。反射波の時間波形のピークは、半導体デバイス内のチップ表面での超音波の反射に対応して出現する。したがって、当該ピークに基づいて半導体デ

バイスと超音波振動子との距離を制御することにより、パッケージ内のチップの位置に超音波の焦点を容易に合わせることができる。

[0017] また、調整ステップにおいて、時間波形のピークが最大となるように半導体デバイスと超音波振動子との距離を調整してもよい。これにより、パッケージ内のチップの位置に超音波の焦点を精度良く合わせることができる。

[0018] また、調整ステップにおいて、時間波形に出現する2番目以降のいずれかのピークに基づいて、半導体デバイスと超音波振動子との距離を調整してもよい。こうすると、パッケージ内にチップが単層或いは複数層配置されている場合に、パッケージ内のチップの位置に超音波の焦点を容易に合わせることができる。

[0019] また、調整ステップにおいて、半導体デバイスにおけるパッケージの情報に基づいて時間波形に対する検出窓を設定し、ピークの検出を行ってもよい。この場合、時間波形のピークを短時間で精度良く検出することが可能となる。

発明の効果

[0020] 本形態によれば、パッケージ化された半導体デバイス内の所望の位置に超音波の焦点を容易に合わせることができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]超音波検査装置の一実施形態を示す概略構成図である。

[図2]超音波振動子の構成を示す概略図である。

[図3]検査実行時の超音波の焦点位置を示す概略図である。

[図4]超音波の焦点位置の調整制御の一例を示す図である。

[図5]図3の後続の工程を示す図である。

[図6]超音波の焦点位置の調整の別例を示す図である。

[図7]解析画像の一例を示す図である。

[図8]反射画像の一例を示す図である。

[図9]重畳画像の一例を示す図である。

[図10]図1に示した超音波検査装置における動作の一例を示すフローチャー

トである。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、図面を参照しながら、本形態の一側面に係る超音波検査装置及び超音波検査方法の好適な実施形態について詳細に説明する。

[0023] 図1は、超音波検査装置の一実施形態を示す概略構成図である。この超音波検査装置1は、検査対象である半導体デバイスDをパッケージ化された状態のまま検査する装置である。超音波検査装置1は、超音波Wの入力に起因する半導体デバイスDの抵抗変化を計測する手法に基づき、パッケージ化された半導体デバイスDの故障の有無及び故障位置の特定などを行う装置として構成されている。

[0024] 半導体デバイスDの一面側は、超音波Wが入力される検査面D_tとなっている。半導体デバイスDは、当該検査面D_tを下方に向けた状態で保持板などによって保持される。半導体デバイスDとしては、ダイオードやパワートランジスタ等を含む個別半導体素子（ディスクリート）、オプトエレクトロニクス素子、センサ／アクチュエータ、或いはMOS（Metal-Oxide-Semiconductor）構造やバイポーラ構造のトランジスタで構成されるロジックLSI（Large Scale Integration）、メモリ素子、リニアIC（Integrated Circuit）、及びこれらの混成デバイス等が挙げられる。また、半導体デバイスDは、半導体デバイスを含むパッケージ、複合基板等であってもよい。

[0025] 図1に示すように、超音波検査装置1は、超音波振動子2と、ステージ3と、パルスジェネレータ（信号発生部）4と、反応検出部5と、ロックインアンプ（周波数解析部）6と、コンピュータ（解析部）7と、モニタ8とを含んで構成されている。

[0026] 超音波振動子2は、半導体デバイスDに向けて超音波Wを入力するデバイスである。超音波振動子2は、図2に示すように、パルサー11と、媒質保持部12とを有している。超音波振動子2は、例えば筒状をなし、より具体的には円筒状をなしている。超音波振動子2の先端面2aは、超音波Wを出力する部分であり、半導体デバイスDの検査面D_tと対向するように上方向

きに配置されている。先端面 2 a は、実際には凹面状をなしており、先端面 2 a のそれぞれの位置で発生した超音波 W は、先端面 2 a から一定の距離だけ離れた位置に焦点を有する。先端面 2 a から出力される超音波 W は、例えば 20 kHz ~ 10 GHz 程度の弾性振動波である。

[0027] パルサー 11 は、パルスジェネレータ 4 から出力される駆動信号に基づいて超音波振動子 2 を駆動する部分である。本実施形態では、パルサー 11 は、半導体デバイス D の検査面で反射した超音波 W を検出するレシーバ（反射検出部）13 としての機能も有している。レシーバ 13 は、超音波 W の反射波を検出し、検出結果を示す検出信号をコンピュータ 7 に出力する。

[0028] 媒質保持部 12 は、超音波振動子 2 と半導体デバイス D との間で媒質 M を保持する部分である。媒質保持部 12 によって保持される媒質 M は、本実施形態では水である。媒質 M は、半導体デバイス D のパッケージに用いられている材質とインピーダンスが整合するものであれば特に制限はなく、グリセリン等の他の液体、或いはゲル状、ゼリー状の物質などを用いてもよい。本実施形態では、媒質保持部 12 は、例えばシリコーン樹脂など、可撓性及び媒質 M に対する濡れ性を十分に有する材料によって形成された筒状部材 14 を有している。筒状部材 14 は、超音波振動子 2 の先端面 2 a 側の端部 2 b に着脱自在に嵌合するようになっている。

[0029] 筒状部材 14 の一部が先端面 2 a から突出するように筒状部材 14 を端部 2 b にスライド自在に嵌合することで、筒状部材 14 の内周面 14 a と超音波振動子 2 の先端面 2 a とによって媒質 M を保持する保持空間 S が形成される。超音波振動子 2 の先端面 2 a からの筒状部材 14 の突出量を調整することで、保持空間 S の容積が可変となる。この筒状部材 14 の突出量の調整により、超音波振動子 2 から出力される超音波 W の焦点位置を調整可能な範囲を調整することができる。これにより、パッケージの樹脂厚の異なる半導体デバイス D に対しても、媒質 M がこぼれることがない最適な保持空間 S の容積を設けることができる。

[0030] 筒状部材 14 の突出量の把握を容易にするため、筒状部材 14 には目盛り

が設けられていてもよい。目盛りが設けられる位置は、例えば筒状部材 1 4 の内周面 1 4 a 或いは外周面 1 4 c である。筒状部材 1 4 の突出量は、超音波振動子 2 の端部 2 b に対する筒状部材 1 4 の位置を手動でスライドさせ、筒状部材 1 4 の嵌合量を変えることによって調整できる。超音波振動子 2 の端部 2 b に対する筒状部材 1 4 の位置は、スライド機構を用いて調整してもよい。また、筒状部材 1 4 の嵌合量を一定とした上で、異なる長さの筒状部材 1 4 に交換することによって筒状部材 1 4 の突出量を調整してもよい。

[0031] 筒状部材 1 4 の周壁部分には、保持空間 S に保持される媒質 M の保持量を調整する媒質流通口 1 5 が設けられている。媒質流通口 1 5 には、外部の媒質貯蔵部（不図示）に接続された流通管 1 6 が挿入されており、保持空間 S への媒質 M の流入及び保持空間 S からの媒質 M の排出がなされるようになっている。媒質 M の流通量は、例えばコンピュータ 7 によって制御される。

[0032] なお、媒質流通口 1 5 は、筒状部材 1 4 の先端面 1 4 b から一定の間隔をもって設けられることが好ましい。これにより、媒質流通口 1 5 から流入する媒質 M に異物が混入した場合でも、保持空間 S において異物が筒状部材 1 4 の先端面 1 4 b 付近に集まることを抑制できる。筒状部材 1 4 の先端面 1 4 b 付近には、超音波振動子 2 の先端面 2 a 付近に比べて超音波 W が集束している。これにより、筒状部材 1 4 の先端面 1 4 b 付近に異物が集まることを抑制され、異物への超音波 W の干渉の影響を抑えられる。

[0033] また、筒状部材 1 4 の内周面 1 4 a には、保持空間 S における媒質 M の保持量を検出するレベルセンサ（保持量検出部） 1 7 が、媒質流通口 1 5 よりも上方（先端面 1 4 b 側）の位置に取り付けられている。レベルセンサ 1 7 は、検出結果を示す検出信号をコンピュータ 7 に出力する。レベルセンサ 1 7 からの検出信号に基づいて、超音波 W の焦点位置を調整する際の保持空間 S の媒質 M の量の制御が実行される。筒状部材 1 4 には、半導体デバイス D との距離を検出する距離センサが取り付けられていてもよい。これにより、後述するステージ 3 を Z 軸方向に駆動させた際に、筒状部材 1 4 と半導体デバイス D の干渉を防ぐことができる。

- [0034] ステージ3は、図1に示すように、半導体デバイスDと超音波振動子2との相対位置を移動させる装置である。本実施形態では、ステージ3は、X Y Z軸方向に駆動可能な3軸ステージとして構成され、ステージ3上に超音波振動子2が固定されている。ステージ3の駆動は、コンピュータ7からの指示信号に基づいて制御される。ステージ3が半導体デバイスDの検査面D tの面内方向（X Y軸方向）に駆動することにより、半導体デバイスDの検査面D tにおける超音波Wの入力位置が走査される。
- [0035] また、ステージ3が半導体デバイスDの厚さ方向（Z軸方向）に駆動することにより、超音波Wの焦点位置が半導体デバイスDの厚さ方向に対して一定の精度をもって調整される。なお、ステージ3は、超音波振動子2ではなく、半導体デバイスDに固定されていてもよい。半導体デバイスDの検査の開始時には、図2に示したように、表面張力によって媒質保持部12の保持空間Sから盛り上がる程度に媒質Mが保持空間Sに供給される。そして、ステージ3が半導体デバイスDの厚さ方向に駆動することにより、媒質Mの盛り上がり部分M aが半導体デバイスDの検査面D tに接触させられる。これにより、超音波振動子2の先端面2 aから半導体デバイスDの検査面D tに至る超音波Wの経路が媒質Mで充填される。そして、図3に示すように、ステージ3が半導体デバイスDの厚さ方向に更に駆動し、超音波Wの焦点位置が半導体デバイスD内のチップC付近で調整される。
- [0036] パルスジェネレータ4は、超音波振動子2に対して駆動信号を入力する装置である。駆動信号の周波数は、超音波振動子2で発生させる超音波Wの周波数と等しい周波数に設定される。本実施形態のように、ロックインアンプ6を用いたロックイン検出を行う場合には、ロックイン周波数を別途設定し、超音波Wを発生用の周波数とロックイン周波数とを合成したバースト信号を駆動信号として超音波振動子2に入力してもよい。この場合、ロックイン周波数に応じた参照信号をパルスジェネレータ4からロックインアンプ6に出力させる。超音波発生用の周波数は、例えば25 MHz～300 MHz程度であり、ロックイン周波数は、例えば1 kHz～5 kHz程度である。

- [0037] 反応検出部 5 は、超音波振動子 2 による超音波 W の入力に応じた半導体デバイス D の反応を検出する装置である。反応検出部 5 は、例えばロックインアンプ 6 の前段に接続された検出アンプによって構成されている。反応検出部 5 は、半導体デバイス D に定電圧又は定電流を印加する電源装置 10 を内蔵している。反応検出部 5 は、定電圧又は定電流の印加状態において、超音波 W の入力に応じた半導体デバイス D の電流又は電圧を検出し、検出結果を示す検出信号をロックインアンプ 6 に出力する。反応検出部 5 は、交流成分のみを抽出して検出信号を出力するようにしてもよい。
- [0038] ロックインアンプ 6 は、反応検出部 5 から出力される検出信号をロックイン検出する装置である。ロックインアンプ 6 は、パルスジェネレータ 4 から出力される参照信号に基づいて、反応検出部 5 から出力される検出信号をロックイン検出する。そして、ロックインアンプ 6 は、検出結果を示す検出信号をコンピュータ 7 に出力する。
- [0039] コンピュータ 7 は、物理的には、RAM、ROM等のメモリ、CPU等のプロセッサ（演算回路）、通信インターフェイス、ハードディスク等の格納部、モニタ 8 等の表示部を備えて構成されている。かかるコンピュータ 7 としては、例えばパーソナルコンピュータ、クラウドサーバ、スマートデバイス（スマートフォン、タブレット端末など）、マイクロコンピュータ、FPGA（field-programmable gate array）などが挙げられる。コンピュータ 7 は、メモリに格納されるプログラムをコンピュータシステムの CPU で実行することにより、ステージ 3 の動作を制御するステージ制御部 21、及びロックインアンプ 6 からの検出信号を解析する解析部 22 として機能する。
- [0040] ステージ制御部 21 は、より具体的には、半導体デバイス D の厚さ方向に対する超音波 W の焦点位置の調整制御と、半導体デバイス D の検査面 D_t に対する超音波 W の走査制御とを実行する。焦点位置の調整制御では、ステージ制御部 21 は、超音波振動子 2 のレシーバ 13 から出力される当該検出信号に基づいてステージ 3 の Z 方向の制御を実行する。超音波 W の走査制御では、ステージ制御部 21 は、超音波 W が半導体デバイス D の検査面 D_t に沿

って移動するように、ステージ3のXY方向の制御を実行する。ステージ制御部21は、走査制御時のステージ3の位置情報を解析部22に順次出力する。

[0041] 図4は、焦点位置の調整制御の一例を示す図である。同図の例では、横軸が時間（超音波Wが出力されてから反射波が検出されるまでの時間）、縦軸が振幅となっており、レシーバ13からの検出信号の時間波形Kがプロットされている。この時間波形Kは、超音波Wを複数回出力させた場合の反射波の検出信号を積算したものであってもよい。

[0042] 図4に示すように、超音波Wの焦点位置を半導体デバイスDに向けて変位させていくと、ある位置において半導体デバイスDのパッケージ表面での反射に対応する第1ピークP1が時間波形Kに出現する。第1ピークP1が出現した位置から更に超音波Wの焦点位置を半導体デバイスD側に変位させると、超音波Wの焦点位置が半導体デバイスDのパッケージ内に移動し、図5に示すように、ある位置において半導体デバイスD内部のチップC表面での反射に対応する第2ピークP2が時間波形Kに出現する。したがって、ステージ制御部21は、第2ピークP2の振幅が最大となるようにステージ3のZ軸方向の位置を制御する。

[0043] 焦点位置の調整制御において、パッケージの樹脂厚が既知である場合、或いはパッケージの樹脂組成が既知であり、パッケージ内の超音波Wの音速が算出可能である場合が考えられる。この場合には、これらの情報に基づいて予め第2ピークP2の出現位置（出現時間）の範囲を算出し、第2ピークP2を検出する際の検出窓Aを設定するようにしてもよい。検出窓Aの設定により、第2ピークP2の出現位置の検出精度の向上及び検出時間の短縮化が図られる。半導体デバイスD内に複数層のチップCが内蔵されていることが既知である場合には、第2ピークP2以降のピークに基づいてステージ3のZ軸方向の位置を制御してもよい。

[0044] また、超音波Wの焦点深度は比較的深いため、第2ピークP2の振幅が最大となる位置が判別しにくい場合も考えられる。この場合、例えば図6に示

すように、第2ピークP2の振幅が最大となる範囲の中央位置（中央時刻）Tに対応するようにステージ3のZ軸方向の位置を合わせるようにしてもよい。また、時間波形Kを微分処理し、微分処理した後の時間波形のピーク値の中央位置に対応するようにステージ3のZ軸方向の位置を合わせるようにしてもよい。

[0045] 解析部22は、半導体デバイスDの検査中にロックインアンプ6から出力される検出信号をステージ制御部21から出力されるステージ3の位置情報に基づいてマッピングし、図7に示すように、解析画像31を生成する。解析画像において、半導体デバイスDの反応（電流又は電圧の変化量）に応じた表示輝度の範囲、色、透過度などは、任意に設定可能である。

[0046] また、解析部22は、半導体デバイスDの検査中にレシーバ13から出力される検出信号をステージ制御部21から出力されたステージ3の位置情報に基づいてマッピングし、図8に示すように、反射画像32を生成する。反射画像32の生成にあたっては、レシーバ13からの検出信号のうち、半導体デバイスD内のチップC表面からの反射波に対応する時間の成分のみを抽出することが好適である。こうすると、半導体デバイスD内のチップCの形状を表す反射画像32を得ることができる。

[0047] 解析部22は、図9に示すように、解析画像31と反射画像32とを重畳した重畳画像33を生成してもよい。解析部22は、生成した重畳画像33をモニタ8に出力する。重畳画像33では、反射画像32が示す半導体デバイスD内のチップCの形状に、解析画像31が示す半導体デバイスDの反応が重ね合され、チップCの故障位置の特定が容易なものとなる。反射画像32では、チップCの形状だけでなく、回路の剥離といった異常が確認できる場合がある。したがって、重畳画像33において、解析画像31から確認できる異常位置と反射画像32から確認できる異常位置とが重なった場合、当該異常位置を強調表示するようにしてもよい。

[0048] 次に、上述した超音波検査装置1の動作について説明する。

[0049] 図10は、超音波検査装置1の動作の一例を示すフローチャートである。

同図に示すように、超音波検査装置 1 を用いて半導体デバイス D の検査を実施する場合、まず、半導体デバイス D が不図示の保持板などに配置される（ステップ S 0 1）。次に、媒質流通口 1 5 から媒質保持部 1 2 に媒質 M を流入させ、保持空間 S に媒質 M を保持する（ステップ S 0 2）。ステップ S 0 2 では、上述したように、表面張力による媒質 M の盛り上がり部分 M a が形成される。そして、筒状部材 1 4 の先端面 1 4 b が半導体デバイス D の検査面 D t に接触せず、媒質 M の盛り上がり部分 M a のみが半導体デバイス D の検査面 D t に接触するようにステージ 3 が Z 軸方向に駆動される（図 2 参照）。

[0050] 媒質 M が保持された後、超音波 W の焦点位置が調整される（ステップ S 0 3）。ここでは、まず、超音波振動子 2 がチップ C と対向する位置に来るように、ステージ 3 が X 軸方向及び Y 軸方向に駆動される。次に、レシーバ 1 3 から出力される超音波 W の反射波の時間波形 K における第 2 ピーク P 2 の出現位置に基づいて、超音波 W の焦点位置が半導体デバイス D 内部のチップ C 表面に一致するようにステージ 3 が Z 軸方向に駆動される（図 3 参照）。なお、超音波 W の焦点位置の調整は、ステージ制御部 2 1 が自動で実行してもよく、時間波形 K の第 2 ピーク P 2 の出現位置を目視で確認しながら、超音波検査装置 1 のユーザが手動でステージ 3 の位置を移動させることによって実行してもよい。

[0051] 超音波 W の焦点位置の調整後、半導体デバイス D の傾きを調整するステップを実行してもよい。このステップでは、例えばステージ 3 を X 軸方向及び Y 軸方向に一軸ずつ駆動させたときの反射波の時間波形 K が互いに一致するように、保持板或いはステージ 3 の姿勢が調整される。当該ステップについても、ステージ制御部 2 1 が自動で実行してもよく、超音波検査装置 1 のユーザが時間波形 K を目視で確認しながら手動で行ってもよい。

[0052] 次に、半導体デバイス D の反射画像が生成される（ステップ S 0 4）。ステップ S 0 4 では、パルスジェネレータ 4 から超音波振動子 2 に駆動信号が入力され、超音波振動子 2 から半導体デバイス D に超音波 W が照射される。

そして、半導体デバイスDからの反射波がレシーバ13で検出され、レシーバ13から出力された検出信号と、ステージ制御部21から出力されるステージ3の位置情報とに基づいてマッピングがなされることで、反射画像32が生成される。

[0053] 次に、反射画像32に基づく解析位置の確認が行われ、半導体デバイスDの解析が実行され、解析画像が生成される（ステップS05）。ステップS05では、電源装置10から半導体デバイスDに定電圧（又は定電流）が印加されると共に、パルスジェネレータ4から超音波振動子2に駆動信号が入力され、超音波振動子2から半導体デバイスDに超音波Wが入力される。そして、ステージ3がXY軸方向に駆動され、超音波Wの入力に応じた半導体デバイスDの電流又は電圧の変化が半導体デバイスDの検査面Dtの各位置において検出される。半導体デバイスDの電流又は電圧の変化は、反応検出部5によって検出され、AC成分が抽出された検出信号が反応検出部5からロックインアンプ6に出力される。ロックインアンプ6では、反応検出部5から出力された検出信号と、パルスジェネレータ4から出力された参照信号とに基づくロックイン検出がなされ、その検出信号が解析部22に出力される。

[0054] 解析部22では、ロックイン検出の検出信号に基づいて解析画像及び反射画像の生成がなされる。すなわち、半導体デバイスDの検査中にロックインアンプ6から出力された検出信号がステージ制御部21から出力されるステージ3の位置情報に基づいてマッピングされ、解析画像31が生成される。そして、解析部22により、解析画像31と反射画像32とを重畳した重畳画像33が生成され、モニタ8に重畳画像33が表示される（ステップS06）。

[0055] 以上説明したように、超音波検査装置1では、レシーバ13で検出された反射波の時間波形Kに出現するピークに基づいて、半導体デバイスDと超音波振動子2との距離を制御する。反射波の時間波形Kのピークは、半導体デバイスD内のチップC表面での超音波Wの反射に対応して出現する。したが

って、当該ピークに基づいて半導体デバイスDと超音波振動子2との距離を制御することにより、パッケージ内のチップの位置に超音波Wの焦点位置を容易に合わせることができる。

[0056] また、超音波検査装置1では、時間波形Kのピークが最大となるように、ステージ制御部21が半導体デバイスDと超音波振動子2との距離を制御する。これにより、パッケージ内のチップCの位置に超音波Wの焦点位置を精度良く合わせることができる。

[0057] また、超音波検査装置1では、時間波形Kに出現する2番目以降のいずれかのピークに基づいて、ステージ制御部21が半導体デバイスDと超音波振動子2との距離を制御する。時間波形Kに出現する1番目のピークは、半導体デバイスDのパッケージ表面からの反射波によるものと考えられる。したがって、時間波形Kに出現する2番目以降のピークに着目することで、パッケージ内にチップCが単層或いは複数層配置されている場合に、パッケージ内のチップCの位置に超音波Wの焦点位置を容易に合わせることができる。

[0058] また、超音波検査装置1では、ステージ制御部21が半導体デバイスDにおけるパッケージの情報（厚さ、樹脂組成など）に基づいて時間波形Kに対する検出窓Aを設定し、ピークの検出を行っている。検出窓Aの設定によって検出範囲を予め絞ることにより、時間波形Kのピークを短時間で精度良く検出することが可能となる。

[0059] また、超音波検査装置1では、半導体デバイスDに定電圧又は定電流を印加する電源装置10と、定電圧又は定電流の印加状態において、超音波Wの入力に応じた半導体デバイスDの電流又は電圧を検出する反応検出部5とが更に設けられ、解析部22は、反応検出部5からの検出信号に基づいて解析画像31を生成する。このように、超音波Wの入力に起因する半導体デバイスDの抵抗変化を計測することで、パッケージ化された半導体デバイスDの検査を精度良く実施できる。

[0060] また、超音波検査装置1では、超音波振動子2に対して駆動信号を入力す

ると共に、駆動信号に応じた参照信号を出力するパルスジェネレータ4が更に設けられ、解析部22は、検出信号と参照信号とに基づいて解析画像31を生成する。参照信号に基づくロックイン検出を行うことにより、パッケージ化された半導体デバイスDの検査精度を一層高めることができる。

[0061] また、超音波検査装置1では、解析部22がレシーバ13からの検出信号に基づいて反射画像32を生成する。反射画像32に基づいて半導体デバイスD内のチップCの形状を取得できる。さらに、回路の剥離といった物理的な異常の検出も可能となる。

[0062] また、超音波検査装置1では、解析部22が解析画像31と反射画像32とを重畳した重畳画像33を生成する。重畳画像33では、解析画像31による解析結果と半導体デバイスD内のチップCの形状とが重畳されるので、故障位置などの特定が容易なものとなる。

[0063] 本形態は、上記実施形態に限られるものではない。上記実施形態では、超音波Wの入力に応じた半導体デバイスDの反応を解析する装置において時間波形Kのピークに基づく超音波Wの焦点位置の調整手法を適用しているが、当該調整方法を他の手法で半導体デバイスの反応を解析する装置に適用してもよい。例えばテストからのテストパターンを入力して半導体デバイスの反応を解析する装置に当該調整方法を適用してもよい。

符号の説明

[0064] 1…超音波検査装置、2…超音波振動子、3…ステージ、4…パルスジェネレータ（信号発生部）、5…反応検出部、10…電源装置、13…レシーバ（反射検出部）、21…ステージ制御部、22…解析部、31…解析画像、32…反射画像、33…重畳画像、A…検出窓、C…チップ、D…半導体デバイス、K…時間波形、P2…ピーク、W…超音波。

請求の範囲

- [請求項1] パッケージ化された半導体デバイスを検査対象とする超音波検査装置であって、
- 前記半導体デバイスに対して超音波を出力する超音波振動子と、
- 前記半導体デバイスで反射した前記超音波の反射波を検出する反射検出部と、
- 前記半導体デバイスと前記超音波振動子との相対位置を移動させるステージと、
- 前記ステージの駆動を制御するステージ制御部と、
- 前記超音波振動子による超音波の入力に応じた前記半導体デバイスの反応を解析する解析部と、を備え、
- 前記ステージ制御部は、前記反射検出部で検出された前記反射波の時間波形に出現するピークに基づいて、前記半導体デバイスと前記超音波振動子との距離を制御する、超音波検査装置。
- [請求項2] 前記ステージ制御部は、前記時間波形の前記ピークが最大となるように前記半導体デバイスと前記超音波振動子との距離を制御する、請求項1記載の超音波検査装置。
- [請求項3] 前記ステージ制御部は、前記時間波形に出現する2番目以降のいずれかのピークに基づいて、前記半導体デバイスと前記超音波振動子との距離を制御する、請求項1又は2記載の超音波検査装置。
- [請求項4] 前記ステージ制御部は、前記半導体デバイスにおけるパッケージの情報に基づいて前記時間波形に対する検出窓を設定し、前記ピークの検出を行う、請求項1～3のいずれか一項記載の超音波検査装置。
- [請求項5] 前記半導体デバイスに定電圧又は定電流を印加する電源装置と、
- 前記定電圧又は前記定電流の印加状態において、前記超音波の入力に応じた前記半導体デバイスの電流又は電圧を検出する反応検出部と、
- を更に備え、
- 前記解析部は、前記反応検出部からの検出信号に基づいて解析画像

を生成する、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の超音波検査装置。

[請求項6] 前記超音波振動子に対して駆動信号を入力すると共に、前記駆動信号に応じた参照信号を出力する信号発生部を更に備え、

前記解析部は、前記検出信号と前記参照信号とに基づいて前記解析画像を生成する、請求項 5 記載の超音波検査装置。

[請求項7] 前記解析部は、前記反射検出部からの検出信号に基づいて反射画像を生成する、請求項 5 又は 6 記載の超音波検査装置。

[請求項8] 前記解析部は、前記解析画像と前記反射画像とを重畳した重畳画像を生成する、請求項 7 記載の超音波検査装置。

[請求項9] パッケージ化された半導体デバイスを検査対象とする超音波検査方法であって、

前記半導体デバイスに対し、超音波振動子から出力される超音波の焦点位置を調整する調整ステップと、

前記超音波の入力に応じた前記半導体デバイスの反応を解析する解析ステップと、を含み、

前記調整ステップにおいて、前記半導体デバイスで反射した前記超音波の反射波を検出し、前記反射波の時間波形に出現するピークに基づいて、前記半導体デバイスと前記超音波振動子との距離を調整する、超音波検査方法。

[請求項10] 前記調整ステップにおいて、前記時間波形の前記ピークが最大となるように前記半導体デバイスと前記超音波振動子との距離を調整する、請求項 9 記載の超音波検査方法。

[請求項11] 前記調整ステップにおいて、前記時間波形に出現する 2 番目以降のいずれかのピークに基づいて、前記半導体デバイスと前記超音波振動子との距離を調整する、請求項 9 又は 10 記載の超音波検査方法。

[請求項12] 前記調整ステップにおいて、前記半導体デバイスにおけるパッケージの情報に基づいて前記時間波形に対する検出窓を設定し、前記ピークの検出を行う、請求項 9 ～ 11 のいずれか一項記載の超音波検査方

法。